

Docket No.: 62758-063

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Haruhiko USA, et al.	:	Confirmation Number:
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: October 31, 2003	:	Examiner:
	:	
For: A METHOD FOR ALLOCATING COMPUTER RESOURCE	:	

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

**Japanese Patent Application No. 2002-369610, filed December 20, 2002**

A Certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY



Keith E. George  
Registration No. 34,111

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 KEG:prg  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: October 31, 2003**

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

62758-063  
USA et al.  
October 31, 2003  
McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年 1 2 月 2 0 日  
Date of Application:

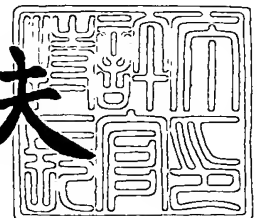
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 3 6 9 6 1 0  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 3 6 9 6 1 0 ]

出      願      人                      株式会社日立製作所  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    9 月 2 6 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 9 5 7 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 NT02P0784

【提出日】 平成14年12月20日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G06F 15/177  
G06F 11/34

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町 5 0 3 0 番地 株式会社日立製作所ソフトウェア事業部内

【氏名】 宇佐 治彦

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町 5 0 3 0 番地 株式会社日立製作所ソフトウェア事業部内

【氏名】 内田 智斉

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100094352

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐々木 孝

【電話番号】 03-3661-0071

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 計算機資源割当方法、それを実行するための資源管理サーバおよび計算機システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 計算機の資源を複数の計算機に割当てて、各々の計算機で独立してプログラムを実行する計算機システムの計算機資源割当方法において、

(1) 前記計算機の資源使用状態を収集するステップ、

(2) 前記収集したデータに基づき、各々の計算機の資源使用についての相関関係を算出するステップ、

(3) 前記収集したデータと前記算出した相関係数とに基づき、各々の計算機の資源割当て値を算出し、その資源割当て値にしたがって、各々の計算機の資源割当てをおこなうステップ

を有することを特徴とする計算機資源割当方法。

【請求項 2】 前記(3)のステップが、前記収集したデータに基づいて、各々の計算機の資源使用状態を予測し、その予測した資源使用状態と前記算出した相関係数とに基づき、各々の計算機の資源割当て値を算出する処理を含むことを特徴とする請求項 1 記載の計算機資源割当方法。

【請求項 3】 前記(3)のステップで資源を割当てる必要のあると判断された計算機に対して、他の計算機の資源の割当てを減じて、減じた資源をその計算機に再割り当てするに際し、

その計算機と前記相関係数の大きい計算機ほど資源の割当てを減じないことにしたことを特徴とする請求項 1 記載の計算機資源割当方法。

【請求項 4】 時間帯や各々の計算機で動作しているプログラムの特性に応じて相関係数を切り替える処理を含むことを特徴とする請求項 1 記載の計算機資源割当方法。

【請求項 5】 計算機の資源を複数の計算機に割当てて、各々の計算機で独立してプログラムを実行する計算機システムの計算機資源割当を管理するための資源管理サーバにおいて、

計算機の資源使用状態を収集する資源使用状態データ収集部と、

前記収集したデータに基づき、各々の計算機の資源使用についての相関関係を算出する相関係数算出部と、

前記収集したデータと前記算出した相関係数とに基づき、各々の計算機の資源割当て値を算出し、その資源割当て値にしたがって、各々の計算機の資源割当てをおこなう資源割当部とを有することを特徴とする資源管理サーバ。

【請求項 6】 さらに、前記収集したデータに基づいて、各々の計算機の資源使用状態を予測する資源使用予測部を有し、その予測した資源使用状態に基づき前記資源割当部が資源の割当てをおこなうことを特徴とする請求項 5 記載の資源管理サーバ。

【請求項 7】 資源割当部が、資源を割当てる必要のあると判断された計算機に対して、他の計算機の資源の割当てを減じて、減じた資源をその計算機に再割り当てするに際し、

その計算機と前記相関係数の大きい計算機ほど資源の割当てを減じないことにしたことを特徴とする請求項 5 記載の資源管理サーバ。

【請求項 8】 前記相関係数算出部が、時間帯や各々の計算機で動作しているプログラムの特性に応じて切り替えて、相関係数を算出することを特徴とする請求項 5 記載の資源管理サーバ。

【請求項 9】 計算機の資源を複数の計算機に割当てて、各々の計算機で独立してプログラムを実行する計算機システムにおいて、

この計算機システムの有する資源管理サーバは、前記計算機の資源使用状態を収集し、その収集したデータに基づき、各々の計算機の資源使用についての相関関係を算出して、前記収集したデータと前記算出した相関係数とに基づき、各々の計算機の資源割当て値を算出し、その資源割当て値を、計算機の資源割当てを制御する機構に送信し、

計算機の資源割当てを制御する機構は、その資源割当て値に基づいて、各々の計算機の資源割当てをおこなうことを特徴とする計算機システム。

【請求項 1 0】 前記資源管理サーバは、資源を割当てる必要のあると判断した計算機に対して、他の計算機の資源を、その資源を割当てる必要のあると判断した計算機の資源として移動させるときに、

その計算機と前記相関係数の大きい計算機ほど資源の移動をさせないようにし

その計算機と前記相関係数小さい計算機ほど資源の移動をさせるようにすること  
を特徴とする請求項 9 記載の計算機システム。

【請求項 1 1】 前記資源を割当てする計算機が、複数の計算機上に構成されたことを特徴とする請求項 9 記載の計算機システム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、計算機資源割当方法に係り、複数の仮想計算機への資源を動的に割り当てるにあたって、資源の割当てを最適化して、各々の仮想計算機の相関から計算機資源の配分を理想的におこなう計算機資源割当方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

仮想計算機システムにおいては、CPU（命令プロセッサ）、メモリ（主記憶）、および、チャネルなどの物理計算機が有している資源を、ハイパバイザが論理的に分割し、複数の仮想計算機LPARに割当てする。仮想計算機LPAR（Logical Partition）は、実在する物理計算機の資源を論理的に分割している仮想的な計算機である。

【0 0 0 3】

仮想計算機システムについては、例えば、特許文献 1 の従来技術の項で紹介されている。

【0 0 0 4】

また、仮想計算機システムに割当てられたメモリの構成を動的に変更する方法としては、特許文献 2 に開示されている。

【0 0 0 5】

【特許文献 1】

米国特許第 4 5 6 4 9 0 3 号明細書

【特許文献 2】

特開平 6 - 3 4 8 5 8 4 号公報

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

仮想計算機システムは、一台のハードウェアとしての計算機で複数の O S を同時に実行することができ、用途によっては非常に有用なシステムであるといことができる。

【 0 0 0 7 】

そして、仮想計算機システムにおいては、資源の割当ては、負荷の高い仮想計算機 L P A R ほど、多く割り当てることが望ましく、資源を動的に変更する機能が必要となってくる。

【 0 0 0 8 】

従来の仮想計算機システムの資源の割当てにおいては、自システム（自 L P A R）の負荷の変化に基づいておこなっているため、他システム（他 L P A R）と連携した複合システムの場合に、他システムの負荷の変化を想定して資源の割当てを変更することはできなかった。そのため、資源の割当てを変更しても、近い将来に他システムで性能不足が発生するおそれがあり、他システムと調整して資源の割当てを変更しても、他システムに性能不足が波及しないように資源を配分することは困難であった。

【 0 0 0 9 】

例えば、仮想計算機システムの各 L P A R において、インターネットの W E B サーバ、データベースサーバ、開発用のテストサーバをそれぞれ運用しており、W E B サーバの負荷が増大すると近い将来にデータベースサーバの負荷が増大するといった相関関係が見られる場合であっても、W E B サーバの負荷が増大した時点では、近い将来データベースサーバの性能が不足し得ることを想定した資源の再割当をおこなう仕組みは、従来では提供されておらず、データベースサーバの性能が不足した時点で再び資源の再割当をおこなう必要があるという問題点があった。

【 0 0 1 0 】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、その目的は、複数の



仮想計算機への資源の割当てを動的に再配分するにあたって、資源の割当てを最適化して、各々の仮想計算機の相関から計算機資源の配分を理想的におこなうようにして、近い将来に他の仮想計算機の性能不足が発生しにくいように、各仮想計算機に割当てられた資源を配分することを可能にする計算機資源割当方法を提供することにある。

#### 【0011】

##### 【課題を解決するための手段】

上記問題点を解決するために、本発明の仮想計算機システムの計算機資源割当方法は以下のようにした。資源管理サーバが、仮想計算機L P A Rの資源の使用状態を収集し、収集したデータに基づき、資源の使用状態を予測する。また、過去の仮想計算機L P A Rの実行履歴により、各々の仮想計算機L P A Rの資源の使用状態についての相関関係を算出する。

#### 【0012】

そして、予測値と算出した相関係数とに基づき、各々の仮想計算機L P A Rの資源割当て値を算出し、その資源割当て値にしたがって、各々の仮想計算機L P A Rの資源割当てをおこなう。

#### 【0013】

このときに、ある仮想計算機L P A Rにおいて資源の割当不足が予測されるとき、その仮想計算機L P A Rとの相関係数が小さい仮想計算機L P A Rに割当てていた資源を優先的に資源の割当が不足した仮想計算機L P A Rへ割当て、その仮想計算機L P A Rとの相関係数が大きい仮想計算機L P A R（近い将来に性能不足が発生しやすい傾向があるL P A R）に割当てていた資源はなるべく減じないことにする。

#### 【0014】

これは、二つの仮想計算機L P A Rの相関係数が大きい場合、一方の仮想計算機L P A Rが使用する資源が増加すると他方の仮想計算機L P A Rが使用する資源も同時に、あるいは、近い将来に増加する傾向がある。すなわち、ある仮想計算機L P A Rにおいて資源不足が予測されるとき、その仮想計算機L P A Rとの相関係数が大きい仮想計算機L P A Rは、近い将来に性能不足が発生しやすい傾

向があるためである。

【0015】

このようにすることにより、近い将来に各仮想計算機 L P A R の性能不足が発生しにくいように、各仮想計算機 L P A R に割当てられた資源を再配分することが可能になる。

【0016】

すなわち、上記の手段によって、資源管理サーバが各 L P A R の資源を管理するシステムにおいて、ある L P A R の資源の割当不足が予測されたときに、各 L P A R 間の相関関係に基づき、資源の割当不足が予測された L P A R との相関関係が低い L P A R から優先的に C P U 割当率、およびメモリ割当量を減じることにより、効率よく各 L P A R に資源を再割当てすることが可能になる。

【0017】

また、各仮想計算機 L P A R を、複数の物理計算機上に構成し、資源管理サーバが資源の管理を複数の物理計算機上にわたっておこなえるようにする。

【0018】

このようにすれば、各 L P A R が複数の物理計算機にある場合に、これらの物理計算機の合計の資源割当の上限が定められた設定であっても、設定の範囲内で効率よく各物理計算機の資源の割当を増減しながら各 L P A R の資源の割当を再配分することが可能になる。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る各実施形態を、図 1 ないし図 14 を用いて説明する。

【0020】

〔仮想計算機システムの構成〕

まず、図 1 を用いて本発明に係る計算機資源割当方法をおこなう仮想計算機システムの構成について説明する。

図 1 は、本発明に係る計算機資源割当方法をおこなう仮想計算機システムの構成図である。

【0021】

本発明の仮想計算機システムは、物理計算機 121 と資源管理サーバ 101 が、ネットワーク 131 により、接続された構成である。

#### 【0022】

ここで、物理計算機 121 と言うのは、仮想計算機と対比した語であり、ハードウェアとしての計算機に、論理的な仮想計算機が構築されることを意味している。

#### 【0023】

資源管理サーバは、物理計算機 121 上に構築される仮想計算機 LPAR 122 上に割当てた資源を管理して、適切な資源配分をおこなうために指示を与えるサーバである。

#### 【0024】

資源管理サーバ 101 は、機能モジュールとして、資源使用状態収集部 102、相関係数算出部 103、資源使用予測部 104、資源不足検出部 105、資源割当決定部 106 を持ち、データテーブルとしては、資源使用状態テーブル 107、相関係数テーブル 108、資源使用予測テーブル 109、資源割当設定テーブル 110、および、資源割当情報テーブル 111 を備えている。

#### 【0025】

物理計算機 121 は、複数の仮想計算機 LPAR 122 が構築され、独立して動作することができる。また、物理計算機 121 上の CPU、メモリが各仮想計算機 LPAR 122 に割り当てられ、見かけ上は、各々の仮想計算機 LPAR 122 が、CPU 124、メモリ 125 を有しているように見ることができる。また、仮想計算機 LPAR 122 は、資源使用測定部 123 を有し、その仮想計算機 LPAR 122 の資源の使用に関するデータを測定している。

#### 【0026】

ハイパバイザ 126 は、物理計算機 121 を論理的に分割し、複数の仮想計算機 LPAR 122 を構成するための制御機能であり、各仮想計算機 LPAR 122 に資源を割り当てるための資源割当部 127 を有している。

#### 【0027】

仮想計算機 LPAR 122 の資源使用測定部 123 は、定期的に LPAR 122

2の資源の使用状態に関するデータ、すなわち、CPU124の使用率、および、メモリ125の使用量を測定し、資源管理サーバ101の資源使用状態収集部102へ測定した資源の使用状態に関するデータを送信する。資源使用状態収集部102は、受け取った資源の使用状態に関するデータを収集し、資源使用状態テーブル107、および資源割当情報テーブル111へ格納する。

#### 【0028】

次に、相関係数算出部103は、資源使用状態テーブル107を使用して各LPARの相関係数を算出し、相関係数テーブル108へ格納する。相関係数とは、各仮想計算機LPAR122が、動作時に他の仮想計算機LPAR122とどのような資源の使用状態の相関を持って動作するかを表す指数であり、これについては後に説明する。

#### 【0029】

次に、資源使用予測部104は、前記資源使用状態収集部102がデータを収集するたびに、前記資源使用状態テーブル107を使用して各LPARの、動作状態における資源の使用状態を予測して、資源使用予測テーブル109へ格納する。

#### 【0030】

次に、資源不足検出部105において、格納した資源使用予測テーブル109に基づき、各LPARの資源が不足するかどうか判定する。資源が不足する場合には、資源割当決定部106において、資源の再割当の配分を決定し、資源割当情報テーブル111へ決定した資源の割当に関する情報を格納し、さらに、資源割当情報テーブル111のデータを、ハイパバイザ126の資源割当部127へ送信する。資源割当部127は、その配分情報に従って、仮想計算機LPAR122に対するCPU124、および、メモリ125の割当配分を変更する。

#### 【0031】

なお、本実施形態では、計算機資源は、CPUとメモリを例にして説明するが、その他の計算機資源でもよい。例えば、仮想計算機LPAR122のディスクの数、チャネルの数などのI/Oに関する資源でもよい。

#### 【0032】

### 〔計算機資源割当方法のためのデータ構造〕

次に、図 2 ないし図 6 を用いて本発明に係る計算機資源割当方法のためのデータ構造について説明する。

図 2 は、資源使用状態テーブル 107 のテーブル構造を示す図である。

図 3 は、相関係数テーブル 108 のテーブル構造を示す図である。

図 4 は、資源使用予測テーブル 109 のテーブル構造を示す図である。

図 5 は、資源割当設定テーブル 110 のテーブル構造を示す図である。

図 6 は、資源割当情報テーブル 111 のテーブル構造を示す図である。

#### 【0033】

資源使用状態テーブル 107 は、仮想計算機 LPAR 122 ごとに用意され、各資源の状態を時系列で格納するためのテーブルであり、図 2 に示されるように、LPAR 番号 201 を有し、さらに、CPU 使用率 203、および、メモリ使用量 204 を時刻 202 についての時系列で格納される。

#### 【0034】

CPU 使用率 203 には、時刻 202 に示される時刻にその仮想計算機 LPAR 122 が、物理計算機 121 の CPU を実際に使用した時間の割合を百分率（％）で示した値が格納される。例えば、10：25 から 10：30 までの 5 分間に、LPAR 1 が CPU を合計 2 分間使用した場合、CPU 使用率は  $2 \text{ 分} / 5 \text{ 分} \times 100 = 40\%$  である。メモリ使用量 204 には、その仮想計算機 LPAR 122 が実際に使用したメモリの量が格納される。

#### 【0035】

この資源使用状態テーブル 107 には、このように資源使用状態収集部 102 が各 LPAR 122 から収集した資源の使用状態に関するデータが時系列で格納され、相関係数算出部 103 における相関係数の算出、資源使用予測部 104 における資源の使用状態の予測のために使用される。

#### 【0036】

相関係数テーブル 108 は、仮想計算機 LPAR 122 の資源の使用状態の実績から仮想計算機 LPAR 122 間の資源の使用状態の相関を表した相関係数を格納するためのテーブルであり、図 3 に示されるように、LPAR 番号 301 ごとに

とに、各仮想計算機 L P A R 1 2 2 の全ての L P A R 3 0 2、3 0 3、3 0 4 との組み合わせについての相関係数が格納される。

#### 【0037】

相関係数とは、任意の2つの L P A R の資源の使用状態の相関関係を示す値である。L P A R  $i$  と L P A R  $j$  の相関係数を  $k_{ij}$  とすると、 $0 \leq k_{ij} \leq 1$  であり、 $k_{ij} = 0$  のときは両者の資源の使用状態には相関関係がなく、 $k_{ij} = 1$  のときは、両者の性能には密接な相関関係があるものとして定義する。相関係数  $k_{ij}$  が大きい（1に近い）場合には、L P A R  $i$  が使用する資源が増加すると L P A R  $j$  が使用する資源も同時に、あるいは、近い将来に増加する傾向があることに注意しておく。また、相関係数  $k_{ij}$  が小さい（0に近い）場合には、L P A R  $i$  が使用する資源は、L P A R  $j$  が使用する資源の増減に影響されず、無関係に増減する傾向があることに注意しておく。

#### 【0038】

この相関係数テーブル 108 には、相関係数算出部 103 が資源使用状態テーブル 107 に基づいて算出した相関係数が格納され、資源割当決定部 106 において仮想計算機 L P A R 1 2 2 に対する資源の割当てのために使用される。

#### 【0039】

は資源使用予測テーブル 109 は、各仮想計算機 L P A R 1 2 2 ごとの資源の使用状態を予測した値を格納するためのテーブルであり、図4に示されるように、L P A R 番号 401 ごとに予測 C P U 使用率 402、および、予測メモリ使用量 403 が格納される。

#### 【0040】

この資源使用予測テーブル 109 には、資源使用予測部 104 が資源使用状態テーブル 107 に基づいて算出した予測データが格納される。例えば、資源使用状態テーブル 107 に5分間隔でデータが格納され、10:30のデータまで格納されたとき、資源使用予測部 104 は次のタイミング、すなわち 10:35 に予測されるデータを算出し、資源使用予測テーブル 109 へ前記予測されるデータを格納する。

#### 【0041】

資源割当設定テーブル 110 は、仮想計算機 LPAR 122 ごとに、資源の割当てのための範囲を規定するためのテーブルであり、図 5 に示されるように、LPAR 番号 501 ごとに、その仮想計算機 LPAR 122 が契約している CPU 割当率の最大値 502、最小値 503、および、メモリ割当量の最大値 504、最小値 505 が格納される。

#### 【0042】

資源割当設定テーブル 110 には、予め、各 LPAR の資源割当てのための最大値、最小値を設定しておき、その値が変更されるときには更新される。

#### 【0043】

CPU 割当率とは、物理計算機 121 が有する CPU をその仮想計算機 LPAR 122 に割当てている時間を百分率 (%) で示したものである。例えば、5 分間に 30 秒間だけ LPAR 1 へ CPU を割当てている場合には、CPU 割当率は 10 % である。CPU 割当率と CPU 使用率は異なる値であり、同じ時間帯では CPU 割当率  $\geq$  CPU 使用率である。例えば、前記 30 秒間の割当て (CPU 割当率は 10 %) のうち、実際に、LPAR 1 が CPU を使用した時間が 15 秒間であれば、CPU 使用率は 5 % である。同様に、メモリ割当率とは、物理計算機が有するメモリを該 LPAR に割当てた量である。同じ時間帯ではメモリ割当率  $\geq$  メモリ使用量である。

#### 【0044】

資源割当情報テーブル 111 は、各仮想計算機 LPAR 122 に対する資源の割当てを決定するために使用されるテーブルであり、LPAR 番号 601 ごとに、CPU 割当率 602、およびメモリ割当量 603 を有する。

#### 【0045】

変更前の資源割当情報テーブル 111 (図 6 (a)) には、資源使用状態収集部 102 が各 LPAR から収集した資源の使用状態の情報が格納され、資源不足検出部 105、および、資源割当決定部 106 によって資源の割当てを決定するために使用される。

#### 【0046】

資源割当決定部 106 によって、決定された資源の割当ての情報は、再び、資

源割当情報テーブル 111 に格納される。そして、この変更された資源割当情報テーブル 111 (図 6 (b)) の値は、ハイパバイザ 126 の資源割当部 127 へ送信される。

#### 【0047】

〔計算機資源割当方法のための処理〕

次に、図 7 ないし図 13 を用いて本発明に係る計算機資源割当方法のための処理について説明する。

#### 【0048】

最初に、図 7 により本発明の計算機資源割当方法の処理の概要について説明する。

図 7 は、本発明に係る計算機資源割当方法の処理を示すゼネラルチャートである。

#### 【0049】

まず、資源使用状態収集処理では、資源管理サーバ 101 の資源使用状態収集部 102 は、各仮想計算機 LPAR 122 の資源使用状態を収集して、その仮想計算機 LPAR 122 の資源使用状態テーブル 107 に格納する (S701)。

#### 【0050】

次に、相関係数算出処理では、資源管理サーバ 101 の相関係数算出部 102 は、資源使用状態テーブル 107 を参照して、仮想計算機 LPAR 122 間の相関係数を求めて、相関係数テーブル 108 に格納する (S702)。

#### 【0051】

次に、資源使用予測処理では、資源管理サーバ 101 の資源使用予測部 104 は、資源使用状態テーブル 107 を参照して、仮想計算機 LPAR 122 間の資源の使用状態を予測して、資源使用予測テーブル 109 に格納する (S703)。

。

#### 【0052】

次に、資源割当決定処理では、資源管理サーバ 101 の資源割当決定部 106 は、資源の割当ての変更をおこなう仮想計算機 LPAR 122 を決定して、新たな資源割当ての配分を求めて、それを資源割当テーブル 111 に格納して、ハイ



パーバイザ 1 2 6 に送信する（S 7 0 4）。

【0 0 5 3】

以下、各処理の詳細について説明する。

【0 0 5 4】

先ず、図 8 により資源使用状態収集処理について説明する。

図 8 は、資源使用状態収集処理を示すフローチャートである。

【0 0 5 5】

先ず、資源使用状態収集部 1 0 2 は、仮想計算機 L P A R 1 2 2 から、例えば、以下の表 1 に示されるような資源の使用状態のデータ 0 0 1 を収集する（S 8 0 1）。

【0 0 5 6】

【表 1】

表 1

L P A R から収集する資源使用状態データ					
	時刻	CPU 使用率	メモリ 使用量	CPU 割当率	メモリ 割当量
L P A R 1	10:30	40%	640MB	40%	800MB
L P A R 2	10:30	10%	60MB	30%	300MB
L P A R 3	10:30	20%	260MB	30%	500MB

そして、資源の使用状態のデータ 001 に含まれる時刻 003、CPU 使用率 004、メモリ使用量 005 を、それぞれ資源使用状態テーブル 107 の時刻 202、CPU 使用率 203、メモリ使用量 004 に格納する (S802)。

## 【0057】

次に、資源の使用状態のデータ001に含まれるCPU割当率006、メモリ割当量007を、それぞれ資源割当テーブル111のCPU割当率602、メモリ割当量603に格納する（S803）。

## 【0058】

次に、図9により相関係数算出処理について説明する。

図9は、相関係数算出処理を示すフローチャートである。

## 【0059】

先ず、相関係数算出部103は、相関係数算出部103は、資源使用状態テーブル107から各仮想計算機LPAR122の資源使用状態のデータを取得する（S901）。次に、各仮想計算機LPAR122間の相関係数を算出する。

## 【0060】

相関係数は、図3の相関係数テーブルの見られるように、LPAR番号の全ての組み合わせについてそれぞれ算出する（S902）。例えば、LPARが $n$ 個あるときは、 $n \times n$ 個の組み合わせについて相関係数を算出する。LPAR $i$ の資源使用状態テーブル107からCPU使用率203、あるいは、メモリ使用量204を時刻202についての時系列で取り出し、これらをベクトルとして表現し、 $p_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{it})$ としたとき、LPAR $i$ とLPAR $j$ の相関係数 $k_{ij}$ はベクトルの内積およびベクトル長を使用して、以下の（式1）で求めることができる。

## 【0061】

【数 1】

数 1

$$k_{ij} = \frac{(p_i \cdot p_j)}{|p_i| \cdot |p_j|}$$

$$= \frac{\sum_t p_{it} \cdot p_{jt}}{\sqrt{\sum_t p_{it}^2} \sqrt{\sum_t p_{jt}^2}} \quad \dots (式 1)$$

このようにして、相関係数は、CPU使用率、およびメモリ使用量のそれぞれについて算出することができる。そして、算出した相関係数を相関係数テーブル 108 へ格納する (S903)。相関係数は、CPU使用率、およびメモリ使用量のそれぞれについて格納することができる。またいずれか一方のみ、あるいは両者の平均値を格納することもできる。

【0062】

各LPAR上で動作しているプログラムは時間帯によってオンライン運用やバッチ運用といったように大幅に特性が異なるため、前記相関係数の算出に使用する資源使用状態のデータを時間帯によって切り分けることにより、時間帯ごとに最適な相関係数を算出することができる。また、新たな運用を開始する場合には、相関係数の算出に使用するための資源の使用状態に関するデータが未整備であることが考えられるため、新たな運用をおこなうための仮想計算機LPAR122についての相関係数を、別の手段により計算するなり、予測するなどして、入力してテーブルに格納することもできる。

【0063】

次に、図10により資源使用予測処理について説明する。

図10は、資源使用予測処理を示すフローチャートである。

【0064】

先ず、資源使用状態テーブル107から各仮想計算機LPAR122のCPU使用率203、および、メモリ使用量204を時刻202についての時系列で取得する(S1001)。そして、LPARそれぞれについて、前記取得した資源使用状態データに基づいて資源の使用状態を予測する(S1002)。資源使用状態の予測においては、例えば、最近の過去m回の資源使用状態データを滑らかな曲線、あるいは、直線で結ぶm-1次関数を利用するという技法により、次に資源使用状態データが送られてくるタイミングに相当する時刻の資源使用状態を導き出すことができる。

【0065】

資源使用状態の予測はCPU使用率、およびメモリ使用量のそれぞれについて算出する。

【0066】

次に、前記予測した値を資源使用予測テーブル109の予測CPU使用率402、および、予測メモリ使用量403に格納する(S1003)。

【0067】

次に、図11により資源割当決定処理について説明する。

図11は、資源割当決定処理を示すフローチャートである。

【0068】

先ず、資源割当情報テーブル111から各仮想計算機LPAR122のCPU割当率602、および、メモリ割当量603を取得する(S1101)。

【0069】

次に、資源使用予測テーブル109から各仮想計算機LPAR122の予測CPU使用率402、および、予測メモリ使用量403を取得する(S1102)。

【0070】

次に、資源割当設定テーブル110から各仮想計算機LPAR122の最大CPU割当率502、および、最大メモリ割当量504を取得する(S1103)。

。

#### 【0071】

そして、S1104からS1107の処理について、LPAR番号  $i = 1, 2, 3$  のそれぞれについて繰り返す。

#### 【0072】

LPAR  $i$  のCPU、メモリのそれぞれについて、資源の不足が予測され、かつ、CPUやメモリの割当てを増強できる場合、すなわち、条件式「割当値 < 予測値、かつ、割当値 < 最大割当値」が満たされる場合には、S1106に進み、資源割当配分決定処理をおこない、前記条件式が満たされない場合には、S1107に進み、資源割当配分決定処理をおこなう（S1105）。資源割当配分決定処理は、サブルーチンであり、次に詳細に説明する。

#### 【0073】

LPAR番号  $i = 1, 2, 3$  のそれぞれについての処理が終了している場合は、S1108に進む（S1107）。

#### 【0074】

最後に、資源割当情報テーブル111に格納されているデータをネットワーク131を経由してハイパバイザ126の資源割当部127へ送信する（S1108）。

#### 【0075】

次に、図12により資源割当配分決定処理について説明する。

図12は、資源割当配分決定処理を示すフローチャートである。

#### 【0076】

この処理は、図11のS1105でコールされる処理であり、資源の不足が予測されたLPAR  $i$  が発生した場合に、他の仮想計算機LPAR122から資源を移動させて、LPAR  $i$  と他仮想計算機LPAR122との相関関係に応じて資源の不足が予測されたLPAR  $i$  に再割当てをおこなう処理である。

#### 【0077】

まず、資源使用予測テーブル109から各仮想計算機LPAR122の予測値を取得する（S1201）。予測値とは、予測CPU使用率402、および予測

メモリ使用量 403 のうち、S1105 の判定において資源割当の不足が検出されたものである。

#### 【0078】

次に、資源割当情報テーブル 111 から各仮想計算機 LPAR122 の割当値を取得する (S1202)。割当値とは、CPU 割当率 602、および、メモリ割当量 603 のうち、S1105 の判定において、資源割当の不足が検出されたものである。

#### 【0079】

次に、LPAR $j$  の予測される資源割当不足値「 $d_i = \text{予測値} - \text{割当値}$ 」を算出する (S1203)。

#### 【0080】

次に、LPAR $j$  ( $j = 1, 2, 3$ ) の予測される未使用予測値「 $s_j = \text{割当値} - \text{予測値}$ 」を算出する (S1204)。 $s_j < 0$  のときは  $s_j = 0$  とする。

#### 【0081】

次に、相関係数テーブル 108 から LPAR $i$  と各 LPAR $j$  との相関係数  $k_{ij}$  を取得する。

#### 【0082】

S1206 からステップ 1208 は、LPAR 番号  $j = 1, 2, 3$  について繰り返す処理である。

#### 【0083】

前記算出した  $d_i$ 、 $s_j$ 、および、前記取得した  $k_{ij}$  をもとに LPAR $j$  ( $j = 1, 2, 3$ ) の割当値を変更する (S1207)。LPAR $j$  の割当値の変更分  $\Delta_j$  は以下の (式 2) によって算出することができる。

#### 【0084】

【数 2】

数 2

$$\Delta_j = \frac{d_i \cdot s_i \cdot (1 - k_{ij})}{\sum_l s_l \cdot (1 - k_{il})} \quad \dots (式 2)$$

ここで、前記変更分  $\Delta_j$  が  $s_j$  よりも大きいときは  $\Delta_j = s_j$  とする。また、 $\Delta_j$  は、前記の (式 2) に限らず、相関係数  $k_{ij}$  に基づく任意の配分方法で決定することができる。前記算出した  $\Delta_j$  を前記割当値から減じた値を、資源割当情報テーブル 111 の CPU 割当率 602、ないし、メモリ割当量 603 へ格納する (S1209)。

【0085】

ここで、図 3、図 4、および、図 6 に示す数値を用い、L PAR 1 の CPU 資源の割当が不足し、他の L PAR に割当てていた CPU 資源を減じて、L PAR 1 へ割当てるケースにおける具体例を説明する。

【0086】

L PAR 1 の CPU 資源不足値は、予測値  $402 = 50\%$ 、割当値  $602 = 40\%$  であるため、L PAR 1 の資源不足値は「 $d_1 = 10\%$ 」である。また、各 L PAR  $i$  の予測される CPU の未使用予測値  $s_i$  は「 $s_1 = 0\%$ 、 $s_2 = 30\% - 10\% = 20\%$ 、 $s_3 = 30\% - 20\% = 10\%$ 」である。したがって、各 L PAR  $i$  から減じる CPU 割当率  $\Delta_i$  は  $\Delta_1 = 0\%$ 、 $\Delta_2 = 8.57\% \div 9\%$ 、 $\Delta_3 = 1.43\% \div 1\%$  である。すなわち、L PAR 2 から  $\Delta_2 = 9\%$ 、L PAR 3 から  $\Delta_3 = 1\%$  の CPU 資源を削減して L PAR 1 へ「 $\Delta_2 + \Delta_3 = 10\%$ 」の CPU 資源を割当てることができる。

【0087】

そして、 $\Delta_2$ 、 $\Delta_3$  により資源の再配分をおこなうことにより、L PAR 1、L PAR 2、L PAR 3 の新たな構成は、L PAR 1 の CPU 割当率  $= 40\% + \Delta_2 + \Delta_3 = 50\%$ 、L PAR 2 の CPU 割当率  $= 30\% - \Delta_2 = 21\%$ 、L PAR



3のCPU割当率 $=30\%-\Delta_3=29\%$ となる。

【0088】

このケースでは、L P A R 1とL P A R 3の相関係数が大きい（1に近い）ため、L P A R 1のCPU資源が不足すると近い将来にL P A R 3のCPU資源も不足しやすい傾向があるが、上記算出したように、L P A R 1の資源の割当てが不足するときに、L P A R 1との相関関係の低いL P A R 2のCPU割当率を $\Delta_2$ （ $=9\%$ ）によって多く減じ、L P A R 1との相関関係の高いL P A R 3は、近い将来の資源の割当て不足に備えて、 $\Delta_3$ （ $=1\%$ ）で示される値しか割当率を減少させないので、L P A R 3の資源の割当てをあまり減らさないで済むことになる。

【0089】

なお、上記の実施形態での説明では、資源の割当てを調節するために、資源使用状態のデータから予測値を求め、それにより、仮想計算機L P A R 1 2 2の資源の再配分を調節する方法について述べてきた。しかしながら、資源使用状態のデータから予測値を求めずとも、直接に、図2の資源使用状態テーブルのデータを参照して、資源の割当てをおこなうための仮想計算機L P A R 1 2 2とその資源の配分の割合をを求めることにしてもよい。

【0090】

次に、図13により資源使用測定処理について説明する。

図13は、資源使用測定処理を示すフローチャートである。

【0091】

資源使用測定処理は、各仮想計算機L P A R 1 2 2上の資源使用測定部123により、一定時間間隔でシステムが停止するまでおこなわれる。

【0092】

S 1 3 0 1からS 1 3 0 4は、一定の時間間隔でシステムが停止するまで繰り返し動作する。

【0093】

まず、各仮想計算機L P A R 1 2 2のCPU 1 2 4のCPU使用率とCPU割当率、および、メモリ125のメモリ使用量とメモリ割当量を測定する（S 1 3

02)。

#### 【0094】

次に、前記測定した資源使用データ、L P A R 番号、および、時刻を前記表 1 の資源使用データ 001 の形式によって、資源管理サーバ 101 の資源使用状態収集部 102 へ送信する (S 1303)。資源使用状態収集部 102 は資源使用データ 001 を受信すると、図 7 に示した計算機資源割当方法の処理を開始する。

#### 【0095】

##### 〔他の実施形態〕

以下、本発明に係る計算機資源割当方法をおこなう仮想計算機システムの他の構成について説明する。

図 14 は、本発明に係る計算機資源割当方法をおこなう仮想計算機システムの他の構成図である。

#### 【0096】

本実施形態では、物理計算機 1403 は、第一の実施形態と同様に複数の仮想計算機 L P A R 1404 を有する。資源管理サーバ 1401、および、L P A R 1404 は、ネットワーク 1402 により接続され、資源管理サーバ 1401 が、C P U やメモリなどの資源の管理をおこない資源の割当配分の指示を各仮想計算機 L P A R 1404 におこなうのも同様である。

#### 【0097】

本実施形態では、各仮想計算機 L P A R 1404 が、複数の物理計算機 1403 にわたって、構成されていることが異なっている。そして、資源管理サーバ 1401 は、複数の物理計算機 1403 にまたがる各仮想計算機 L P A R 1404 の資源の割当てを調整することが可能である。

#### 【0098】

すなわち、仮想計算機 L P A R 1404 が、異なる物理計算機にある場合であっても、上記図 1 を用いて説明した仮想計算機システム全く同じ方法により、複数ある物理計算機の合計性能を増減することなく、各 L P A R の C P U 割当率、およびメモリ割当量を再配分することができる。このように、複数ある物理計算

機のCPU資源、およびメモリ容量を各々変更することができ、資源の割当ての合計の上限が定められた設定で計算機システムを運用している場合にも、このシステムにより、合計の資源の割当てを一定に保ちながら、各物理計算機の資源の割当てを増減し、各仮想計算機L P A R 1 4 0 4へ有効に資源を割当てることが可能になる。

#### 【0099】

##### 〔本実施形態の応用〕

各仮想計算機L P A RにおいてインターネットのWEBサーバ、データベースサーバ、開発用テストサーバといった異なる業務を運用しているシステムがあり、WEBサーバの負荷が増大すると、近い将来にデータベースサーバの負荷も増大するが、開発用テストサーバの負荷の増減はWEBサーバの負荷の増減とは無関係である、といった相関関係が見られる場合を想定する。

#### 【0100】

この場合に、WEBサーバの負荷が増大し、資源の割当不足が予測された時点において、相関関係の低い開発用テストサーバのCPU割当率およびメモリ割当率をより多く減じることにする。このようにすれば、相関関係の強いデータベースの負荷が近い将来増大した場合に、再び、各仮想計算機L P A Rの資源の割当率を変更し直さなければならないという事態が発生することを予防することが可能になる。

#### 【0101】

さらに、本実施形態では、一台の物理計算機の資源を複数の仮想計算機L P A Rに割当てて例について説明したが、資源を割当てて計算機は、物理計算機であっても同様に本発明は適用することができる。すなわち、資源管理サーバを置き、物理計算機の要求に応じて、CPU資源やメモリなどの割当てをおこなう場合にも本発明の資源割当ての手法を用いることにより、資源の割当てを最適化して、各々の計算機の相関から計算機資源の配分を理想的におこなう計算機システムを構築することができる。

#### 【0102】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、複数の仮想計算機への資源の割当てを動的に再配分するにあたって、資源の割当てを最適化して、各々の仮想計算機の相関から計算機資源の配分を理想的におこなうようにして、近い将来に他の仮想計算機の性能不足が発生しにくいように、各仮想計算機に割当てられた資源を配分することを可能にする計算機資源割当方法を提供することができる。

**【図面の簡単な説明】**

**【図 1】**

本発明に係る計算機資源割当方法をおこなう仮想計算機システムの構成図である。

**【図 2】**

資源使用状態テーブル 1 0 7 のテーブル構造を示す図である。

**【図 3】**

相関係数テーブル 1 0 8 のテーブル構造を示す図である。

**【図 4】**

資源使用予測テーブル 1 0 9 のテーブル構造を示す図である。

**【図 5】**

資源割当設定テーブル 1 1 0 のテーブル構造を示す図である。

**【図 6】**

資源割当情報テーブル 1 1 1 のテーブル構造を示す図である。

**【図 7】**

本発明に係る計算機資源割当方法の処理を示すゼネラルチャートである。

**【図 8】**

資源使用状態収集処理を示すフローチャートである。

**【図 9】**

相関係数算出処理を示すフローチャートである。

**【図 1 0】**

資源使用予測処理を示すフローチャートである。

**【図 1 1】**

資源割当決定処理を示すフローチャートである。

**【図 1 2】**

資源割当配分決定処理を示すフローチャートである。

**【図 1 3】**

資源使用測定処理を示すフローチャートである。

**【図 1 4】**

本発明に係る計算機資源割当方法をおこなう仮想計算機システムの他の構成図である。

**【符号の説明】**

- 101…資源管理サーバ
- 102…資源使用状態収集部
- 103…相関係数算出部
- 104…資源使用予測部
- 105…資源不足検出部
- 106…資源割当決定部
- 107…資源使用状態テーブル
- 108…相関係数テーブル
- 109…資源使用予測テーブル
- 110…資源割当設定テーブル
- 111…資源割当情報テーブル
- 121…物理計算機
- 122…仮想計算機 L P A R
- 123…資源使用測定部
- 124…C P U
- 125…メモリ
- 126…ハイパバイザ
- 127…構成変更部
- 131…ネットワーク
- 1401…資源管理サーバ
- 1402…ネットワーク

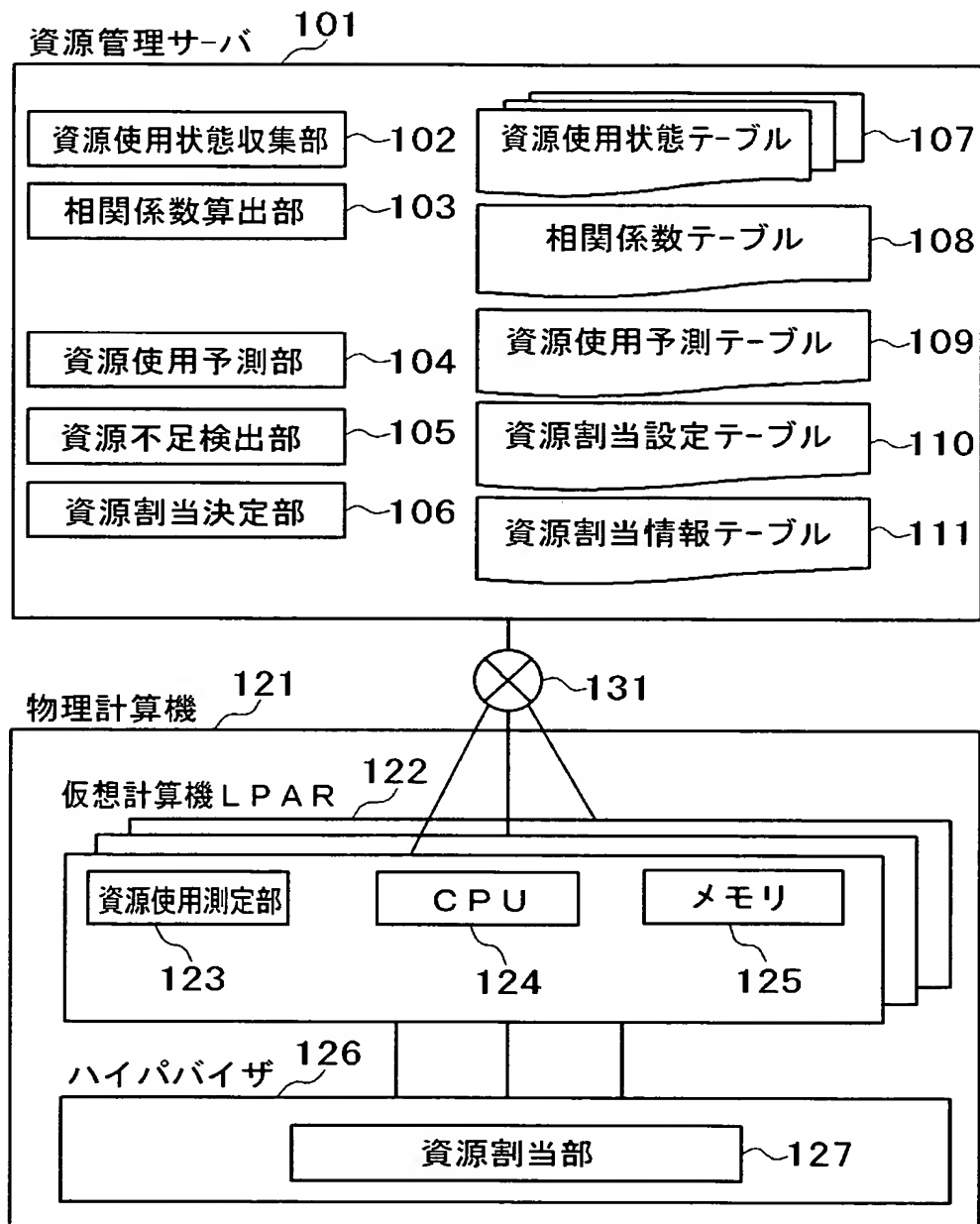
1 4 0 3 …物理計算機

1 4 0 4 …仮想計算機 L P A R。

【書類名】 図面

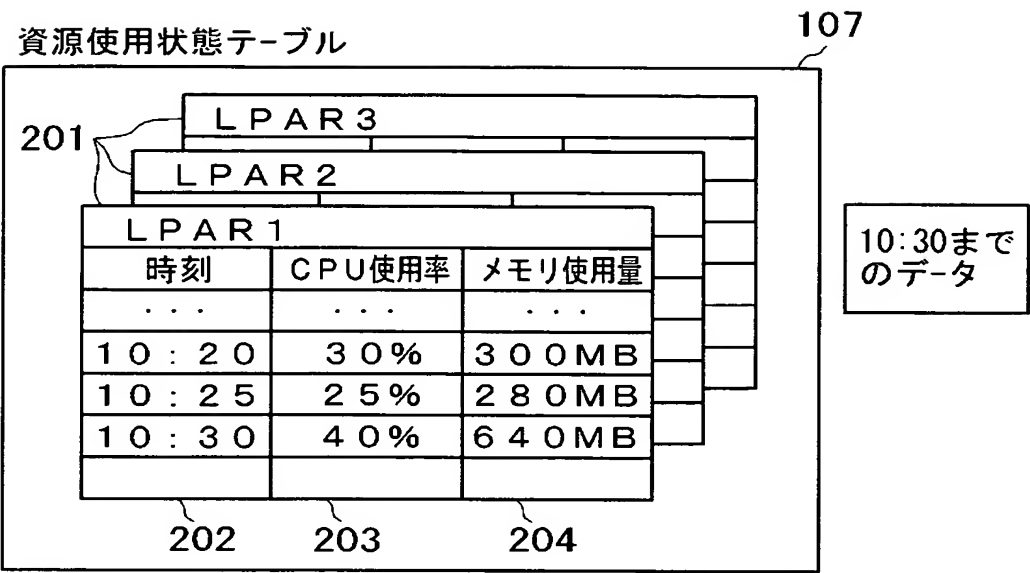
【図 1】

図 1



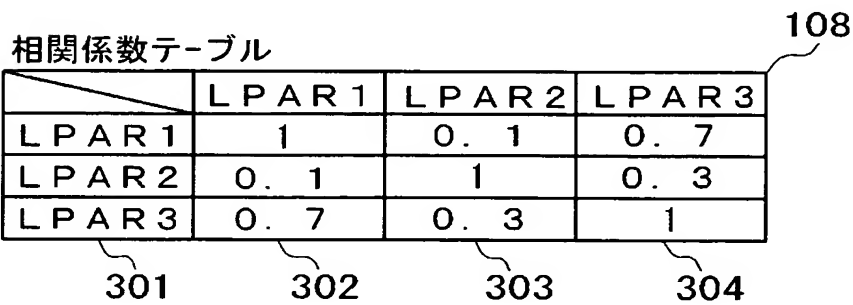
【図 2】

図 2



【図 3】

図 3





【図 4】

図 4

資源使用予測テーブル

	予測CPU使用率	予測メモリ使用量
L P A R 1	5 0 %	1 2 0 0 M B
L P A R 2	1 0 %	6 0 M B
L P A R 3	2 0 %	2 8 0 M B

109  
10:35に予測されるデータ

401 402 403

【図 5】

図 5

資源割当設定テーブル

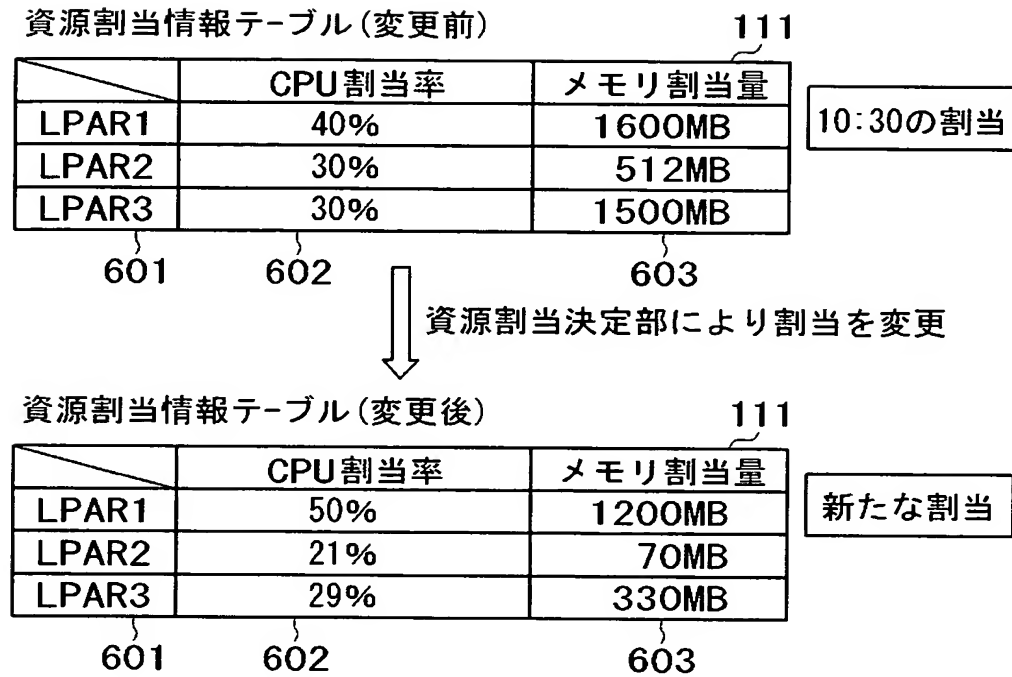
	CPU割当率		メモリ割当量	
	最大	最小	最大	最小
L P A R 1	70%	10%	1600MB	256MB
L P A R 2	30%	10%	512MB	64MB
L P A R 3	70%	10%	1500MB	128MB

110

501 502 503 504 505

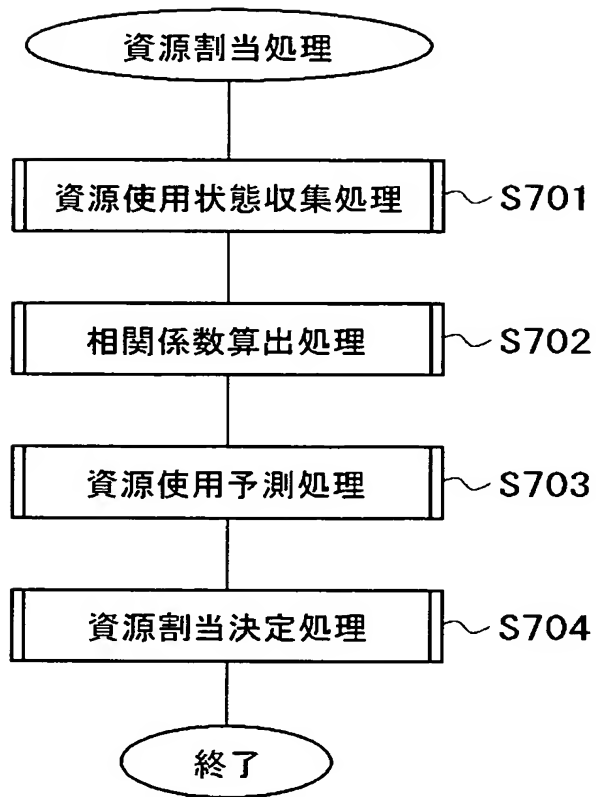
【図 6】

図 6



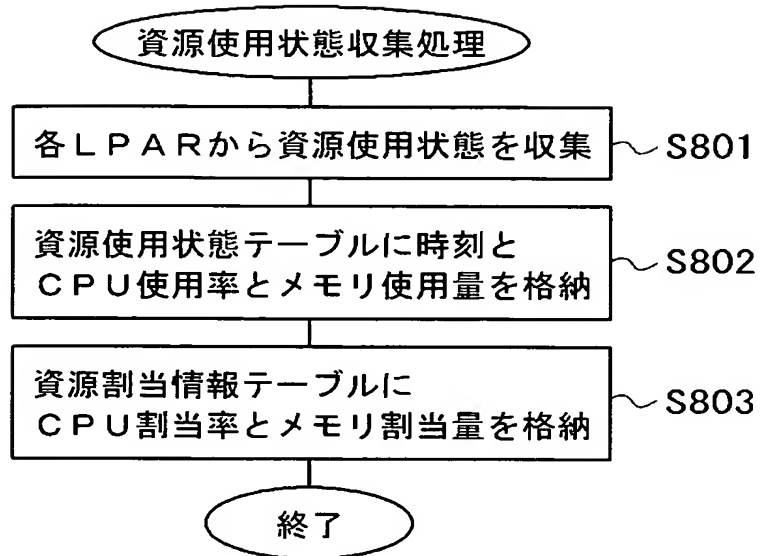
【図 7】

図 7



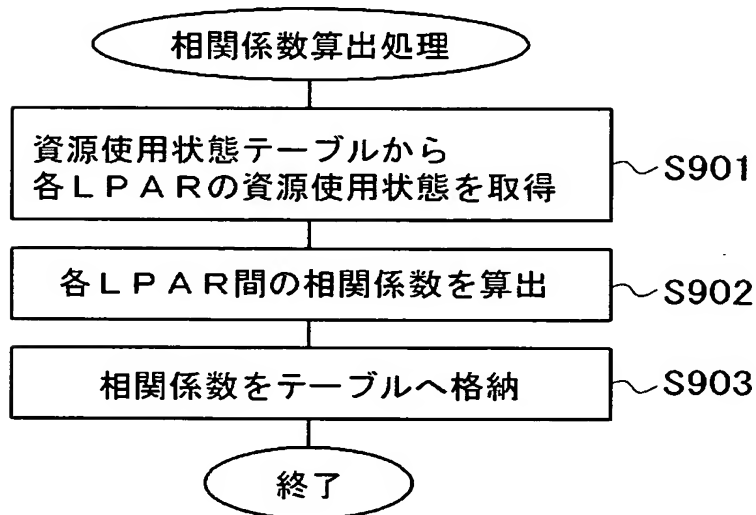
【図 8】

図 8



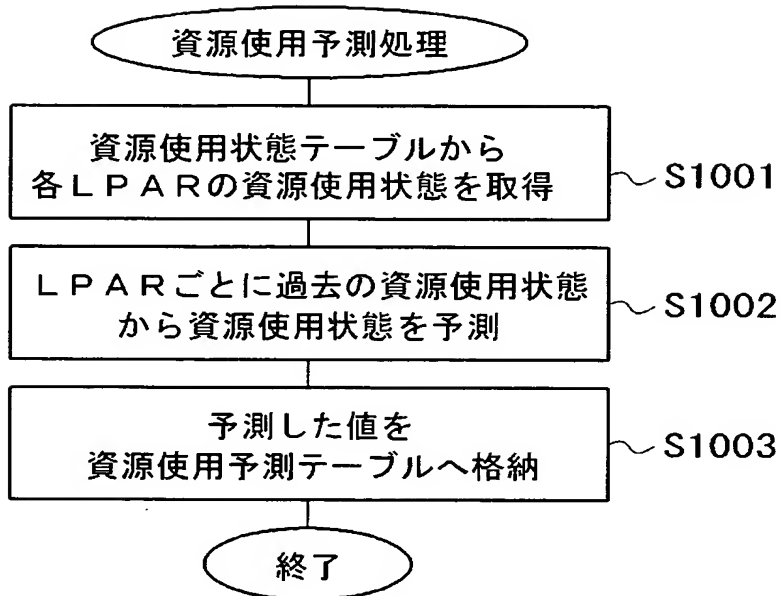
【図 9】

図 9



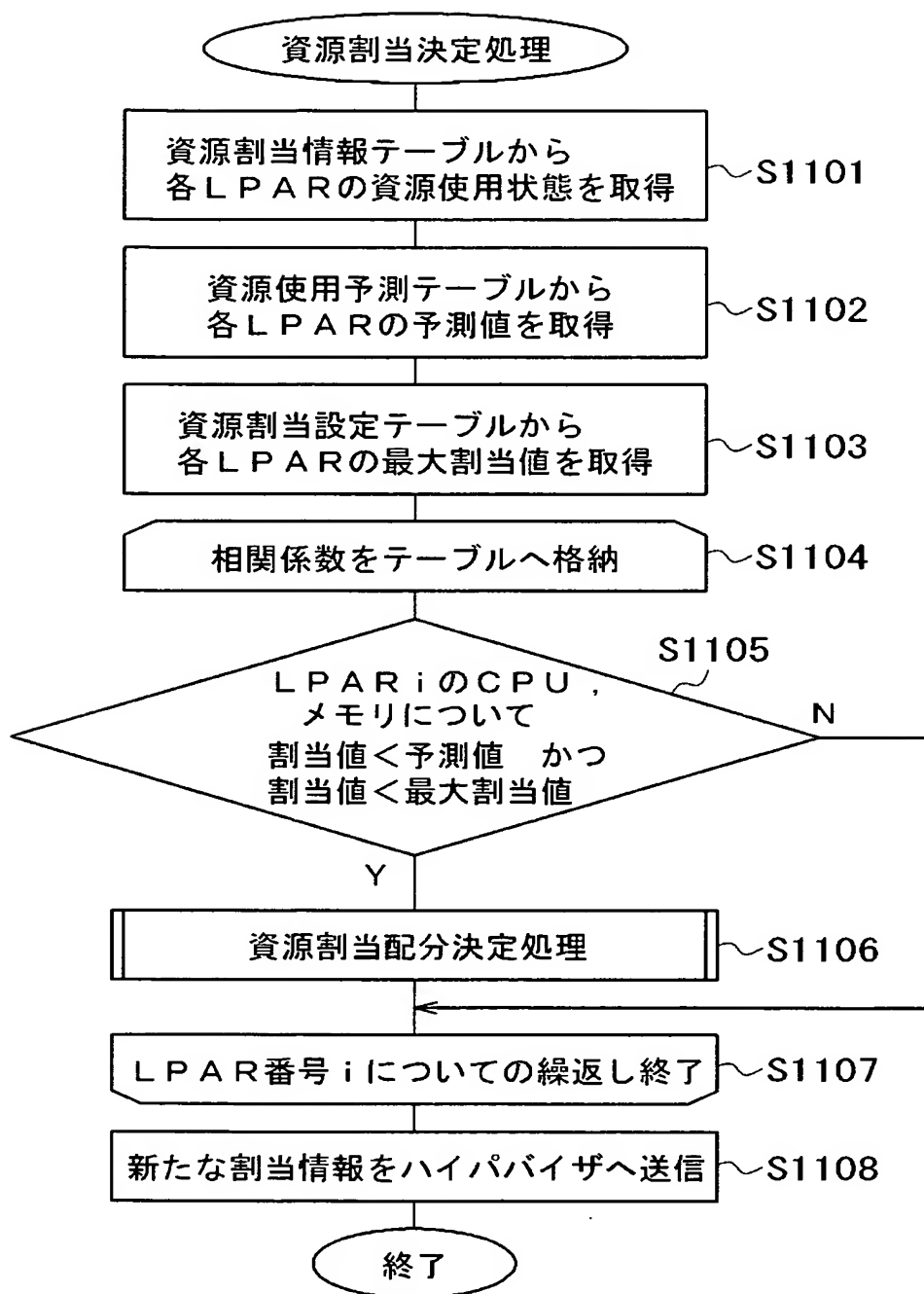
【図 10】

図 10



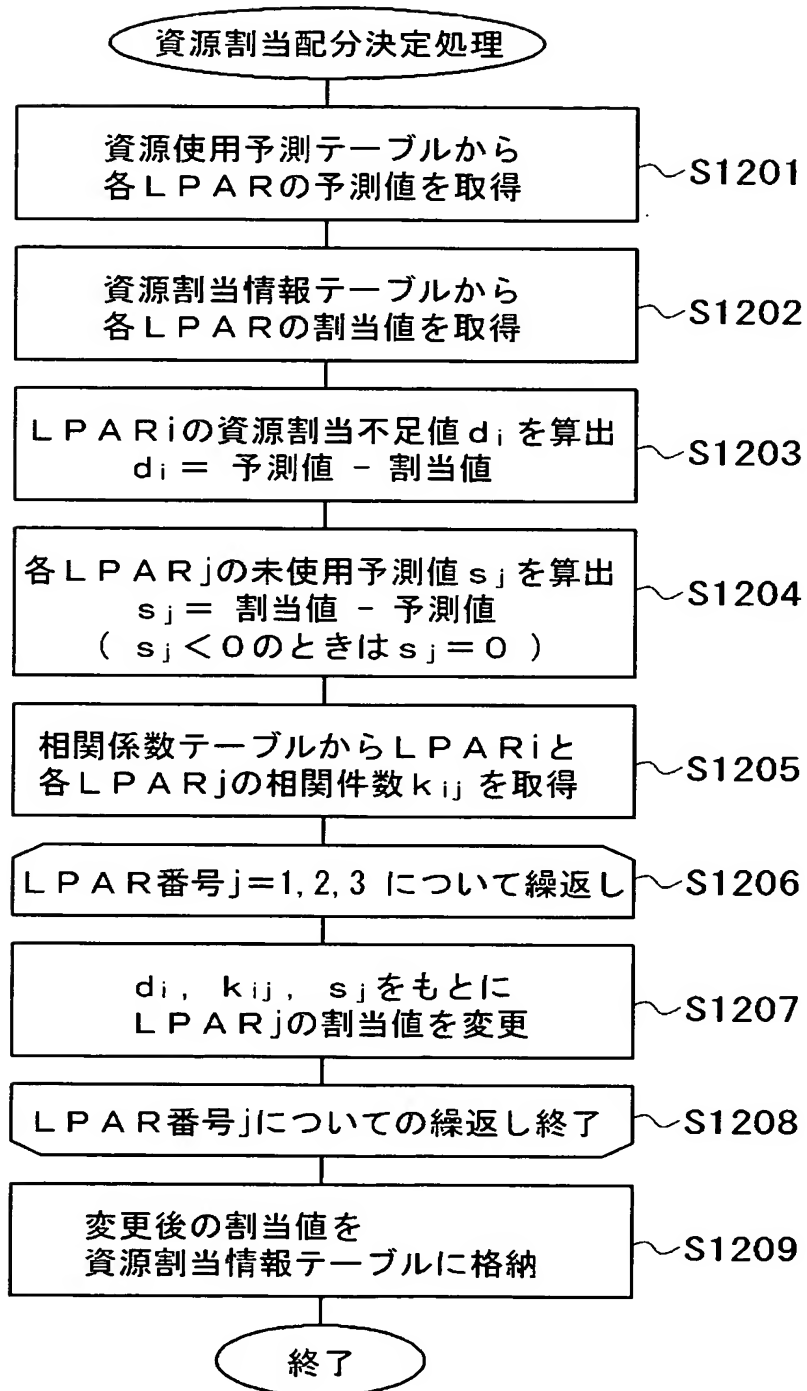
【図 11】

図 11



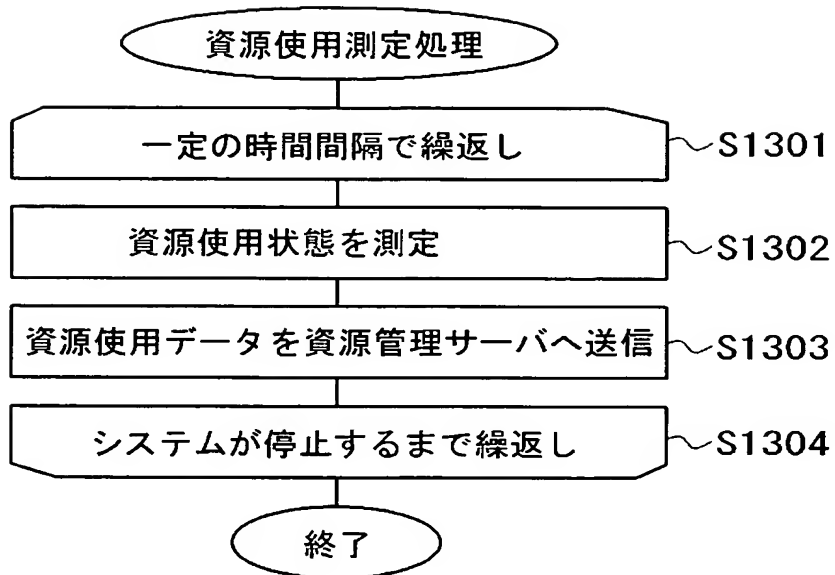
【図12】

図 1 2



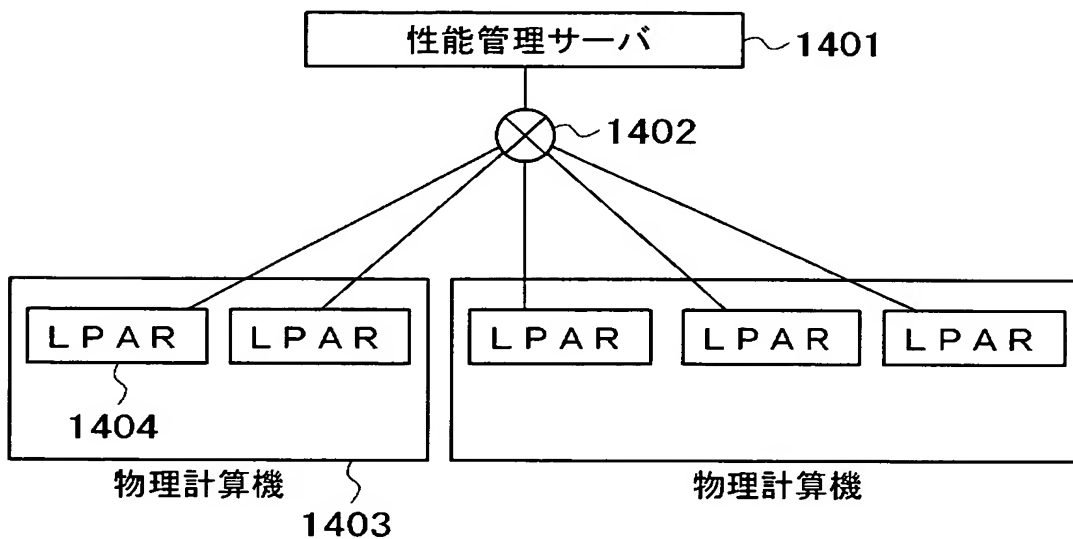
【図 13】

図 13



【図 14】

図 14





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】複数の仮想計算機への資源の割当てを動的に再配分するにあたって、資源の割当てを最適化して、近い将来に他のL P A Rの性能不足が発生しにくいように、各L P A Rに割当てられた資源を配分する。

【解決手段】資源管理サーバが、仮想計算機L P A Rの資源の使用状態を収集し、収集したデータに基づき、資源の使用状態を予測する。また、過去の仮想計算機L P A Rの実行履歴により、各々の仮想計算機L P A Rの資源の使用状態についての相関関係を算出する。そして、予測値と算出した相関係数とに基づき、各々の仮想計算機L P A Rの資源割当て値を算出し、その資源割当て値にしたがって、各々の仮想計算機L P A Rの資源割当てをおこなう。

【選択図】 図1

特願 2002-369610

出願人履歴情報

識別番号

[000005108]

1. 変更年月日

1990年 8月31日

[変更理由]

新規登録

住所

東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

氏名

株式会社日立製作所